

# REMOÇÃO DE ALTAS CONCENTRAÇÕES DE SÓLIDOS SUSPENSOS ORGÂNICOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA EM REATORES UASB EM DOIS ESTÁGIOS

*Adriana Miranda de Santana*<sup>1</sup>, *Roberto Alves de Oliveira*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bióloga, Doutoranda em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV-UNESP, Jaboticabal, Depto. de Engenharia Rural; Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Cep. 14884-900 -Jaboticabal/SP, (016)3209 -2637, e-mail: [adrimis@fcav.unesp.br](mailto:adrimis@fcav.unesp.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo e Tecnólogo em Construção Civil, Prof. Assist. Doutor. Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP – Jaboticabal/SP; [oliveira@fcav.unesp.br](mailto:oliveira@fcav.unesp.br)

**Resumo-** O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de altas concentrações de sólidos suspensos orgânicos de águas residuárias de suinocultura em reatores UASB em dois estágios, com volumes de 908 L e 188 L, instalados em série. As concentrações médias de sólidos suspensos totais (SST) variaram de 2803 mg L<sup>-1</sup> a 4300 mg L<sup>-1</sup> e submetidos a tempos de detenção hidráulica (TDH) de 31,1 e 62,3 h, no primeiro reator, e de 6,5 e 12,9 h, no segundo reator. As eficiências médias de remoção de DQO<sub>total</sub> variaram de 87,7,0% a 89,6% no Reator 1 e de 34,3% a 40,5% no Reator 2, resultando em valores médios de 92,7% a 93,1% para o sistema de tratamento em dois estágios (R1 + R2), com carga orgânica volumétrica (COV) na faixa de 5,33 a 7,43 kg DQO<sub>total</sub> m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup> no primeiro reator. As eficiências médias de remoção de SST variaram de 80,1 a 81,4% no Reator 1 e de 30,4% a 33,6% no Reator 2, e para o sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios (R1 + R2) as eficiências variaram de 87,3 a 87,8%.

**Palavras-chave:** processo anaeróbio, reator anaeróbio, resíduo de suínos.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

## Introdução

A criação de suínos em confinamento gera considerável volume de dejetos com altas concentrações de sólidos suspensos orgânicos, provocando impactos ambientais acentuados em várias regiões do Brasil bem como em outros países (OLIVEIRA, 1997).

O reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) é uma unidade de fluxo ascendente, que possibilita o transporte das águas residuárias através de uma região (manta de lodo) que apresenta elevada concentração de microrganismos anaeróbios. O reator oferece condições para que grande quantidade de lodo biológico fique retida no interior do mesmo em decorrência de suas características hidráulicas. O reator UASB representa grande avanço na tecnologia anaeróbia para o tratamento de uma ampla variedade de resíduos gerados pelas atividades humanas (CHERNICHARO, 1997) e agropecuárias.

Os reatores UASB, assim como outros reatores anaeróbios de alta taxa, apresentam limitações para o tratamento de águas residuárias com altas concentrações de sólidos suspensos (acima de 6000 mg L<sup>-1</sup>) (LETTINGA & HULSHOFF-POL, 1991). As principais limitações dos reatores UASB para o tratamento de afluentes com altas

concentrações de sólidos suspensos estão relacionadas à hidrólise dos sólidos orgânicos.

A utilização do processo anaeróbio em dois estágios com reatores UASB pode propiciar melhor desempenho na remoção de sólidos suspensos orgânicos, incrementando a hidrólise no primeiro reator, e conferir maior estabilidade ao sistema de tratamento, alcançando altas eficiências de remoção da matéria orgânica (OLIVEIRA, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a remoção de altas concentrações de sólidos suspensos orgânicos de águas residuárias de suinocultura em reatores UASB em dois estágios.

## Materiais e Métodos

O sistema foi instalado na área experimental de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. O sistema ilustrado na Figura 1, é constituído por dois reatores UASB, com volumes de 908 L (primeiro estágio-R1) e 188 L (segundo estágio-R2). Também foram montadas caixas para preparação (peneiramento e diluição) dos dejetos de suínos, caixas para armazenamento do afluente com agitação e bomba helicoidal para alimentação dos reatores UASB.

O sistema foi operado por cerca de 90 dias, com tempos de detenção hidráulica (TDH) de 31,1 h e 62,3 h para o primeiro reator e 6,5 e 12,9 para o segundo reator. Os dejetos de suínos foram coletados em confinamento na fase de terminação, peneirados e diluídos para a obtenção de concentração de sólidos suspensos totais (SST) em torno de 2,8 g L<sup>-1</sup> a 4,0 g L<sup>-1</sup>.

As determinações realizadas nos afluentes e efluentes neste trabalho foram: demanda química de oxigênio total (DQO<sub>total</sub>), dissolvida (DQO<sub>dissolvida</sub>) e devido aos sólidos suspensos (DQO<sub>ss</sub>), sólidos suspensos totais (SST) e voláteis (SSV), foram utilizadas amostras compostas com sub-amostras de 50 mL, coletadas a cada 1 hora, no período de 7:30 h as 13:30 h, duas vezes por semana, e foram analisadas de acordo com APHA, AWWA, WPCF (1992) e OLIVEIRA (1997).

O volume de biogás produzido foi monitorado diariamente, por meio de medidas em gasômetros, como descrito por OLIVEIRA (1997) e a composição do biogás foi analisada semanalmente, em cromatografia gasosa, conforme descrito por APHA, AWWA, WPCF (1992). Os dados da temperatura média climatológica do ambiente foram coletados na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

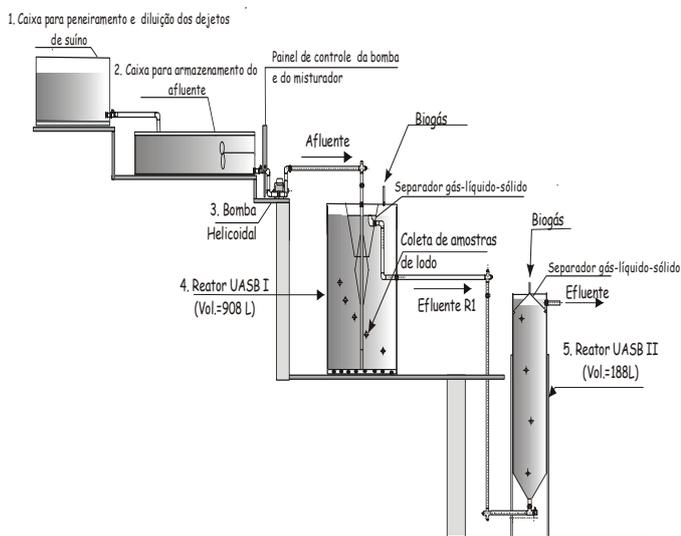


Figura 1. Corte longitudinal esquemático do sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios, com reator UASB de 908 L (R1), e de 188 L (R2).

## Resultados e discussão

Na Tabela 1 observa-se que os valores médios de SST do afluente do R1 foram crescentes de 2803 a 4300 mg L<sup>-1</sup> do ensaio 1 ao 2, respectivamente. KALYUZHNYI et al. (2000)

citaram concentrações de sólidos totais (ST), nas águas residuárias de suinocultura, de 0,5 a 4,0 %.

Os valores médios da DQO<sub>total</sub> do afluente do R1 variaram de 9625 a 13844 mg L<sup>-1</sup>, para a DQO<sub>dissolvida</sub> de 4107 a 5656 mg L<sup>-1</sup> e para a DQO<sub>ss</sub> de 5519 a 8188 mg L<sup>-1</sup>. Nas águas residuárias de suinocultura utilizadas observaram-se valores médios da relação DQO<sub>total</sub>/SST 3,0 e de DQO<sub>ss</sub>/DQO<sub>total</sub> de 0,57 a 0,60, indicando a predominância de sólidos suspensos orgânicos.

Tabela 1. Valores médios da DQO total, dissolvida e devido aos sólidos suspensos, sólidos suspensos totais e voláteis dos afluentes e efluentes, tempo de detenção hidráulica (TDH) e carga orgânica volumétrica (COV), em relação à DQO<sub>total</sub>, obtidos durante a operação do sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios, Reator 1 (R1) e Reator 2 (R2), nos ensaios 1 e 2.

Parâmetros	Ensaio		
	1	2	
TDH (h)	R1	31,1	62,3
	R2	6,5	12,9
COV (kg DQO <sub>total</sub> m <sup>-3</sup> reator d <sup>-1</sup> )	R1	7,43	5,33
	R2	3,99	2,44
DQO <sub>total</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	9625	13844
	R1	1080	1309
	R2	599	818
	Afluente	4107	5656
DQO <sub>dissolvida</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	R1	469	676
	R2	301	307
DQO <sub>ss</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	5519	8188
	R1	611	633
	R2	299	510
	Afluente	2803	4300
SST (mg L <sup>-1</sup> )	R1	480	862
	R2	332	534
SSV (mg L <sup>-1</sup> )	Afluente	2545	3483
	R1	457	757
	R2	289	455

Observou-se altos valores de eficiência de remoção de DQO<sub>total</sub> e SST nos reatores UASB em dois estágios (Tabela 2). No ensaio 1, a eficiência média de remoção de DQO<sub>total</sub> no Reator 1 foi de 87,7% e no ensaio 2 R1 foi de 89,6%.

Apesar do aumento nas concentrações de DQO<sub>total</sub> de 9625 para 13844 mg L<sup>-1</sup> do ensaio 1 ao ensaio 2, o reator 1 permaneceu praticamente constante com eficiência de remoção de DQO<sub>total</sub>

(87,7 a 89,6) e SST (81,4 a 80,1) nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Esses valores pode ser atribuídos ao maior TDH de 62,3 h e aos menores valores da COV de 5,33 kg DQO<sub>total</sub> m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>, no ensaio 2.

Para o conjunto de reatores (R1 + R2), pôde-se obter eficiência de remoção de DQO<sub>total</sub> em torno de 90% (Tabela 2).

Os valores médios da DQO<sub>dissolvida</sub> do efluente do R1 nos ensaios 1 ao 2 aumentaram, respectivamente, de 469 para 676 mg L<sup>-1</sup>, contudo, apresentando variação na eficiência de remoção de DQO<sub>dissolvida</sub>, de 87,2 a 88,0%. Para o conjunto de reatores (R1 + R2) a remoção de DQO<sub>dissolvida</sub> variou de 91,8% a 94,4%.

A DQO devido à fração de sólidos suspensos (DQO<sub>ss</sub>), resultante da diferença entre a DQO<sub>total</sub> e dissolvida, correspondeu na média de 70% da DQO<sub>total</sub> do afluente do R1 para os ensaios 1 e 2, resultados este similares aos obtidos por OLIVEIRA (1997) e PEREIRA (2003), que trabalharam com águas residuárias de suinocultura em reator UASB e obtiveram DQO<sub>ss</sub> entre 66 a 80% e 70 a 75%, respectivamente.

A eficiência média de remoção de DQO<sub>ss</sub> no R1 variou de 85,1 a 91,8%. No ensaio 2 verificou-se os maiores valores de remoção de DQO devido aos sólidos suspensos (91,8%).

Tabela 2. Valores médios das eficiências de remoção de DQO, SST e SSV, obtidos durante a operação do sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios, Reator 1 (R1) e Reator 2 (R2) e no conjunto Reator 1 + Reator 2 (R1+R2), nos ensaios 1 e 2.

Ensaio	Reator	Eficiência de remoção (%)				
		DQO		Sólidos Suspensos		
		Total	Dissolv.	SS	SST	SSV
1	R1	87,7	87,2	85,1	81,4	79,7
	R2	40,5	37,6	59,0	30,4	34,7
	R1+R2	92,7	91,8	92,6	87,8	87,8
2	R1	89,6	88,0	91,8	80,1	75,4
	R2	34,3	50,5	34,6	33,6	37,3
	R1+R2	93,1	94,4	89,1	87,3	85,6

Os resultados obtidos por OLIVEIRA (2003) e PEREIRA (2003) são semelhantes aos obtidos neste estudo, com eficiências médias de remoção de DQO<sub>total</sub> e SST no sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios (R1 + R2) na faixa de 93 a 87%.

Embora no Reator 2 tenha-se observado menor eficiência de remoção da matéria orgânica, houve contribuição para os acréscimos e estabilidade da

eficiência de remoção do sistema estudado, quando no Reator 1 houve queda de eficiência em termos de remoção de DQO<sub>total</sub>, DQO<sub>dissolvida</sub>, DQO<sub>ss</sub>, SST e SSV, no Reator 2 houve aumento da eficiência de remoção de DQO<sub>total</sub>, DQO<sub>ss</sub>, SST e SSV, absorvendo as variações de carga impostas pelo aumento das concentrações de matéria orgânica solúvel e particulada na saída do primeiro reator.

Os teores médios de CH<sub>4</sub> no biogás no Reator 2 foram superiores aos do Reator 1, durante os dois ensaios, variando de 76,5 a 78,90% e de 82,9 a 83,3% para o reator 1 e reator 2, respectivamente, (Tabela 3). Observou-se que com essas COV (5,43 e 7,43 kg DQO<sub>total</sub> m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>) a porcentagem de CH<sub>4</sub> no biogás dos dois reatores, permaneceram constantes e acima de 75%, demonstrando boa estabilidade nos reatores e o não comprometimento da atividade da microbiota do lodo na conversão da matéria orgânica a metano.

Tabela 3. Valores médios da porcentagem de CH<sub>4</sub> no biogás e da produção volumétrica de CH<sub>4</sub>, obtidos durante a operação do sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios, Reator 1 (R1) e Reator 2 (R2) e no conjunto Reator 1 + Reator 2 (R1+R2), nos ensaios 1 e 2.

Ensaio	Reator	Produção	
		CH <sub>4</sub>	Volumétrica
		(%)	(m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> m <sup>3</sup> reator d <sup>-1</sup> )
1	R1	78,9	0,899
	R2	82,9	0,333
	R1+R2	-	1,232
2	R1	76,5	0,742
	R2	83,3	0,144
	R1+R2	-	0,886

A produção volumétrica média de CH<sub>4</sub> diminuiu com o a diminuição da COV (Tabela 3), variando de 0,899 a 0,742 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup> e 0,333 a 0,144 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>, respectivamente, nos reatores 1 e 2.

Observou-se que mesmo com a maior COV e menores TDH (31,1 h) houve estabilidade na composição do biogás e eficiência na remoção da matéria orgânica.

## Conclusão

Os reatores UASB foram eficiente na remoção de sólidos suspensos totais, observando eficiências de 80,1 a 81,4% para o reator 1, e de 30,4 a 33,6%, para o reator 2. Considerando-se o sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios

(R1+R2), observou-se maior eficiência na remoção de DQO e sólidos suspensos com valores médios acima 86,6 % de remoção.

Para a remoção de DQO total, verificou-se valores médios de 87,7 a 89,6% para o reator 1 e 34,3 a 40,5% para o reator 2.

Com a utilização dos reatores UASB em dois estágios, pôde-se observar maior estabilidade para as eficiências de remoção, havendo portanto, maior capacidade de assimilar as variações impostas ao sistema pelas alterações nas condições ambientais e das características das águas residuárias de suinocultura.

### Agradecimentos

À FAPESP e a TIGRE S.A. Tubos e conexões, pelo apoio financeiro.

### Referências

APHA/AWWA, WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15.ed. Washington, 1992. 1.268 p

CHERNICHARO, C.A.L. de. *Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Polytécnica. 1997. 246p.

KALYUZHNYI, S.; SKLYAR, V. Integrated mechanical, biological and physic-chemical treatment of liquid manure streams. **Water Science and Technology**, v.41, n.12, p.188-182, 2000.

LETTINGA, G.; HULSHOFF POL, L. W. UASB – Process design for various types of wastewaters. **Water Science and Technology**, v. 24, n.8, p.87-107, 1991

OLIVEIRA, R.A. de. *Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura*.1997. 389 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

OLIVEIRA, R.A. de. *Efeito da carga hidráulica volumétrica, da temperatura climatológica e do descarte do excesso de lodo da manta no desempenho de reatores UASB tratando águas residuárias de suinocultura*: Relatório final de pesquisa CPA/UNESP, Jaboticabal, FCAV - UNESP, 2001. 125 p.

OLIVEIRA, R.A. de. Efeito da temperatura e do descarte de lodo no desempenho de reatores

anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo, em série, tratando águas residuárias de suinocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003. Goiânia-GO.

PEREIRA, E.R. *Desempenho e caracterização microbiana do processo de dois estágios com reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura*. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.